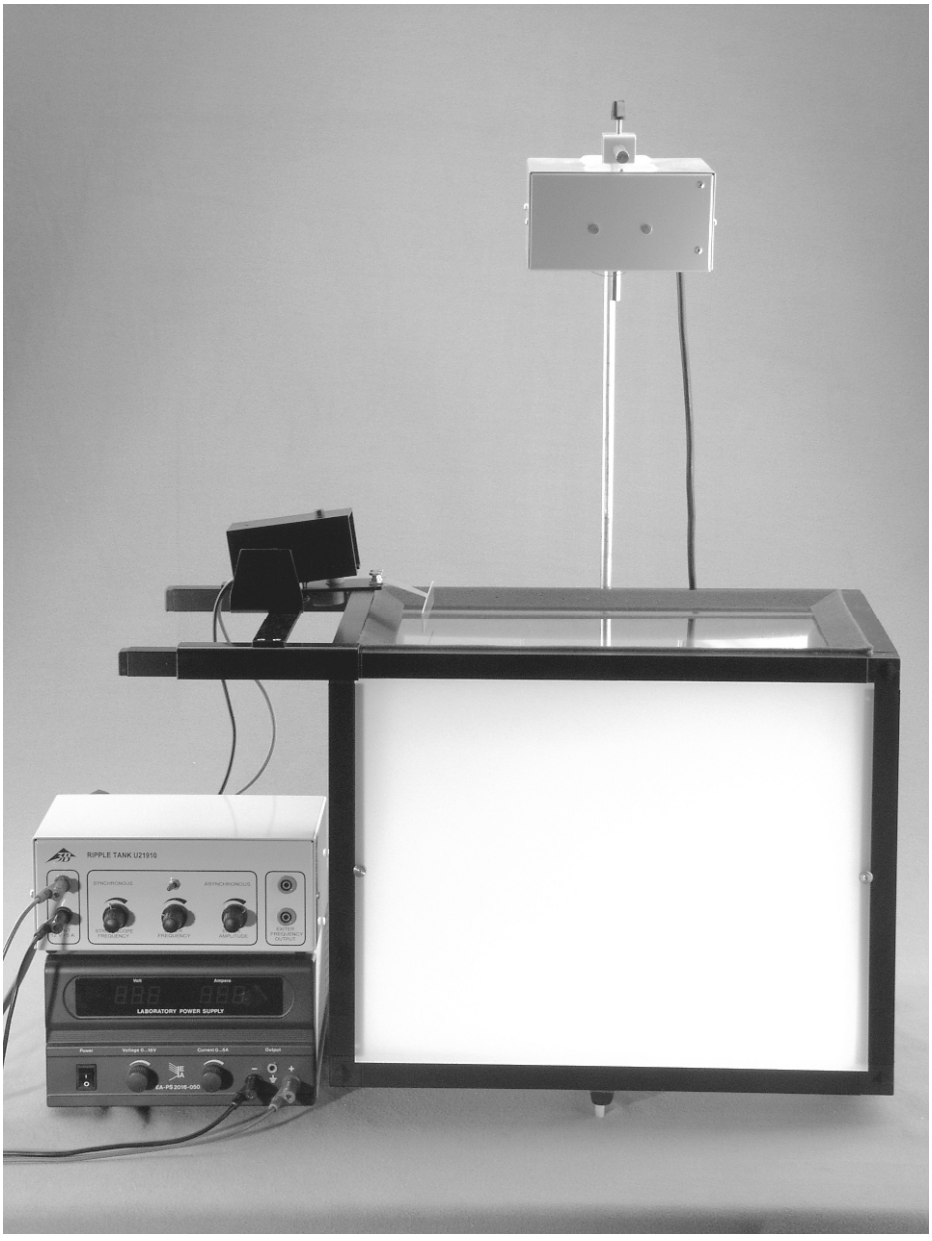
Cuve à ondes U21910

Manuel d'expérimentation

01/06 ELE



Expériences avec la cuve à ondes

1. Génération d'ondes

1.1 Génération d'une perturbation
1.2 Superposition de deux perturbations
1.3 Génération d'un champ de sillage
1.4 Superposition de deux champs de sillage
1.5 Fronts d'ondes circulaires
1.6 Fronts d'ondes rectilignes

2. Principe d'Huygens

2.1 Des fronts d'ondes rectilignes rencontrent une fente étroite
2.2 Des fronts d'ondes circulaires rencontrent une fente étroite
2.3 Un bloc servant d'excitateur en forme de point

3. Réflexion des ondes

3.1 Réflexion d'une onde linéaire sur une paroi plane
3.2 Réflexion d'une onde circulaire sur une paroi plane
3.3 Réflexion d'une onde linéaire sur un miroir concave
3.4 Réflexion d'une onde linéaire sur un miroir convexe

4. Réfraction des ondes

4.1 Démonstration de différentes vitesses de propagation dans de l'eau profonde et peu profonde
4.2 Réfraction d'une onde linéaire sur une plaque en verre plane parallèle
4.3 Réfraction d'une onde linéaire sur une lentille convergente
4.4 Réfraction d'une onde circulaire sur une lentille convergente
4.5 Réfraction d'une onde linéaire sur une lentille divergente
4.6 Réfraction d'une onde linéaire sur une combinaison de lentilles
4.7 Réfraction d'une onde linéaire sur un prisme

5. Diffraction des ondes linéaires

5.1 Diffraction sur une arête
5.2 Diffraction sur une fente individuelle (longueur d'onde supérieure ou égale à largeur de fente)
5.3 Diffraction sur une fente individuelle (largeur de fente env. 10 cm)
5.4 Diffraction sur un obstacle (largeur env. 10 cm)

6. Superposition (interférence) d'ondes cohérentes

6.1 Superposition de plusieurs ondes circulaires
6.2 Interférence sur une fente double et triple

7. Effet Doppler

7.1 Vitesse d'excitateur supérieure à vitesse d'onde (u < v)

Remarques générales sur les expériences réalisées avec la cuve à ondes

Montez la cuve à ondes en respectant le mode d'emploi. Pour toutes les expériences, observez les remarques contenues dans le mode d'emploi.

Comme les crêtes des ondes agissent pour la lumière de projection comme des lentilles convergentes, on les reconnaît sur l'écran d'observation sous forme de lentilles claires. Les creux des ondes agissent comme des lentilles divergentes et apparaissent sous forme de lentilles sombres.

En présence d'une fréquence synchrone du vibreur et du stroboscope, il est possible de réaliser plusieurs représentations d'ondes stationnaires.

On obtient de bons résultats avec une fréquence d'excitation d'environ 20 Hz et une correction fine de l'amplitude de l'excitateur d'onde (l'écart des crêtes des ondes est alors d'environ 1 cm).

Le stroboscope doit être allumé pour toutes les expériences.

Si vous réalisez des expériences avec le vibrateur, vous pouvez toujours travailler avec l'excitateur pour les ondes rectilignes, car les aubes peuvent être déplacées pour les ondes circulaires.

Pour réduire la tension superficielle, versez dans l'eau quelques gouttes de produit de rinçage.

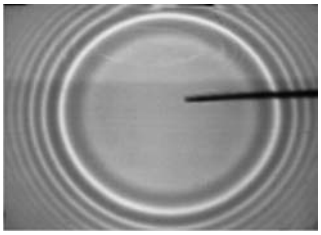
Dans le cas des expériences sur la diffraction, le niveau d'eau doit se situer à environ 1 mm au-dessus du corps immergé, afin d'obtenir des différences d'indices de réfraction relativement importantes.

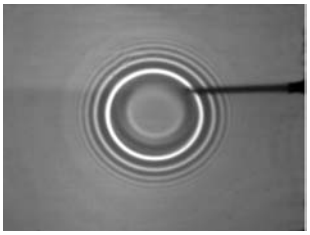
Expériences

1. Génération d'ondes

1.1 Génération d'une perturbation

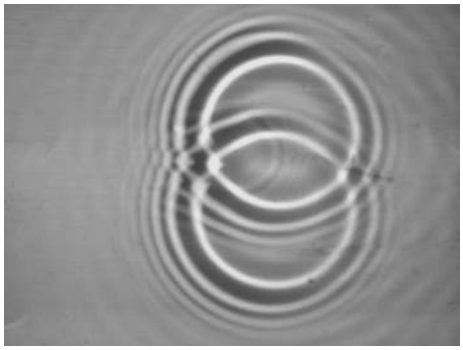
- Remplissez la cuve avec environ 4 mm d'eau.
- Allumez le stroboscope.
- Touchez brièvement l'eau calme avec l'extrémité d'un fil de fer mince.
- Observez la propagation de l'onde.





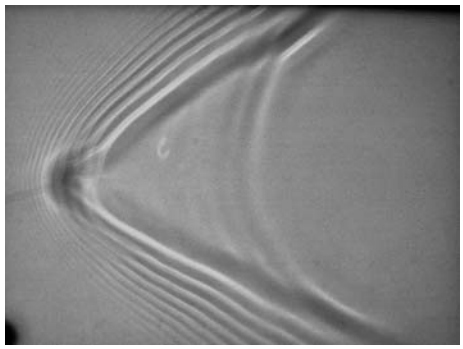
1.2 Superposition de deux perturbations

- Conditions de l'expérience 1.1.
- Touchez brièvement l'eau deux fois de suite avec l'extrémité du fil de fer (les deux perturbations doivent être visibles).
- Une bonne observation de la superposition sans perturbation est possible (principe de superposition).



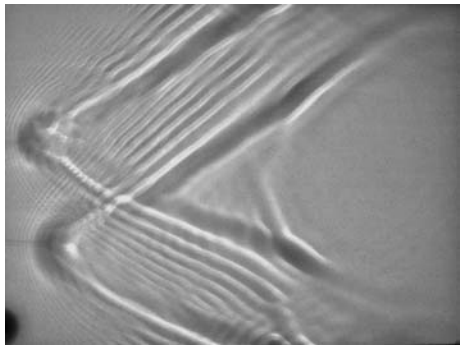
1.3 Génération d'un champ de sillage

- Conditions de l'expérience 1.1.
- Plongez l'extrémité fine du fil de fer dans l'eau calme au bord de la cuve à ondes et déplacez le fil dans l'eau jusqu'au bord opposé en un mouvement régulier.

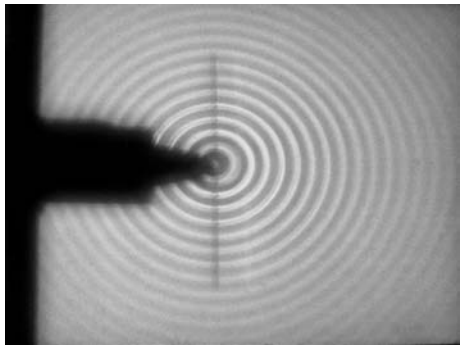


1.4 Superposition de deux champs de sillage

- Procédez comme dans l'expérience 1.3 – avec deux extrémités de fil plongées dans l'eau.
- Une bonne observation de la superposition sans perturbation est possible (principe de superposition).
- Répétez l'expérience avec différents écarts entre les excitateurs.

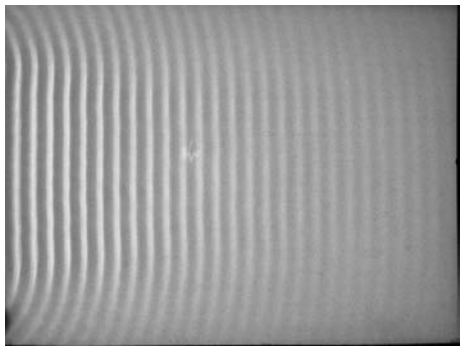


1.5 Fronts d'ondes circulaires



- Fixez l'excitateur d'ondes rectilignes au vibrateur.
- Enfichez l'aube au milieu.
- Déplacez le vibrateur de manière à ce que l'aube se trouve au milieu de la cuve.
- Niveau d'eau dans la cuve : env. 4 mm.
- Ajustez la hauteur de l'aube à la surface de l'eau (doit juste toucher).
- Régulateur de fréquence en position synchrone ; réglez à env. 20 Hz (l'écart entre les crêtes des ondes est alors d'env. 1 cm).
- Avec le régulateur d'amplitude, réglez la meilleure image possible.
- Stabilisez la représentation des ondes en modifiant la fréquence, faites-les déplacer vers l'intérieur et l'extérieur.

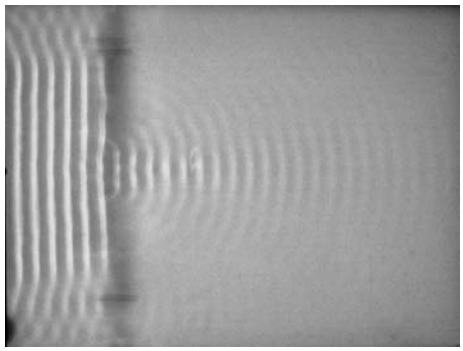
1.6 Fronts d'ondes rectilignes



- Ajustez l'excitateur d'ondes rectilignes à la surface de l'eau (niveau d'eau, env. 4 mm).
- Déplacez le vibrateur de manière à ce que l'excitateur agisse entièrement sur le bord de la cuve.
- Régulateur de fréquence en position synchrone ; réglez à env. 20 Hz (l'écart entre les crêtes des ondes est alors d'env. 1 cm).
- Avec le régulateur d'amplitude, réglez la meilleure image possible.
- Un ajustage fin de la fréquence permet d'obtenir une image stable.

2. Principe d'Huygens

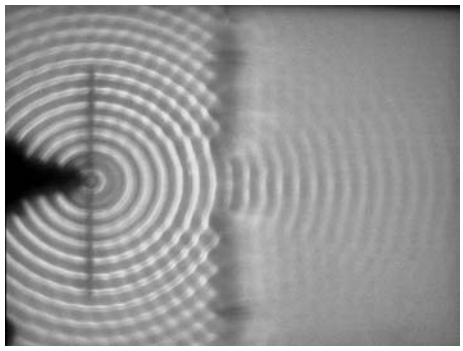
2.1 Des fronts d'ondes rectilignes rencontrent une fente étroite



- Réalisez l'expérience 1.6.
- Placez un obstacle d'une fente de 5 à 10 cm devant l'excitateur parallèlement aux fronts d'ondes.
- Avec les deux coulisses de recouvrement (larges), réglez la largeur de la fente de manière à ce que l'onde élémentaire soit bien visible.

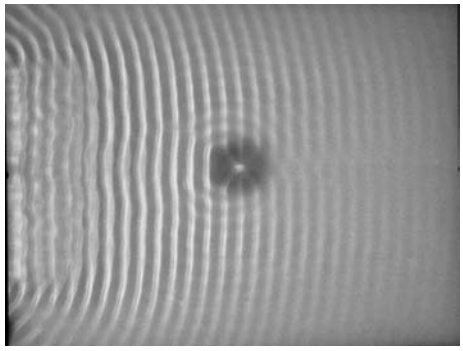
2.2 Des fronts d'ondes circulaires rencontrent une fente étroite

- Procédez comme pour l'expérience 2.1 ; montez l'aube ; placez l'excitateur à un niveau plus haut (l'aube touche la surface de l'eau).
- Déplacez le vibrateur de manière à ce que l'aube agisse à environ 5 cm de la paroi.
- Variez la largeur de la fente, jusqu'à ce que l'onde élémentaire soit bien visible.



2.3 Un bloc servant d'excitateur en forme de point

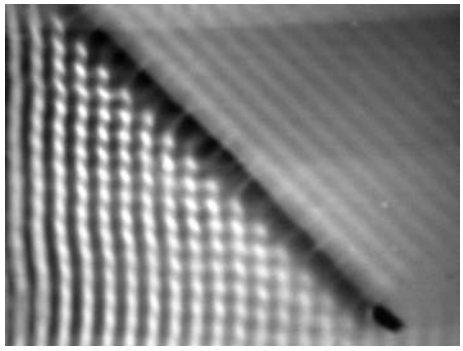
- Procédez comme pour l'expérience 1.6.
- Placez le bloc au centre de la cuve.
- Une onde circulaire se forme autour du bloc (par ex. aube).
- Réglez l'amplitude de manière à ce que l'onde élémentaire soit bien visible.



3. Réflexion des ondes

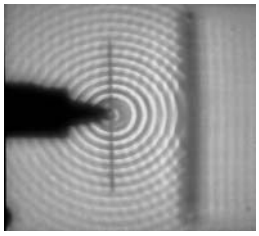
3.1 Réflexion d'une onde linéaire sur une paroi plane

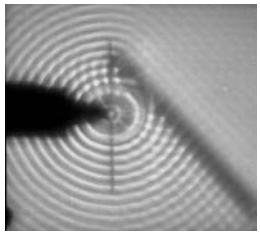
- Procédez comme pour l'expérience 1.6.
- Placez la plaque plane parallèle à 5 - 10 cm de l'excitateur dans un angle de 45° par rapport aux fronts d'ondes.
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que vous obteniez une réflexion bien visible.



3.2 Réflexion d'une onde circulaire sur une paroi plane

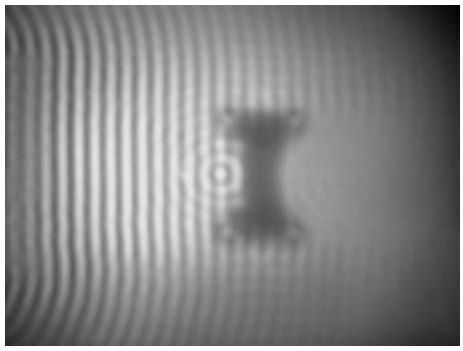
- Procédez comme pour l'expérience 2.2.
- Placez la plaque plane parallèle à env. 5 cm de l'excitateur
  a. parallèlement à la paroi gauche de la cuve,
  b. dans un angle de 45°.
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que vous obteniez une réflexion bien visible.





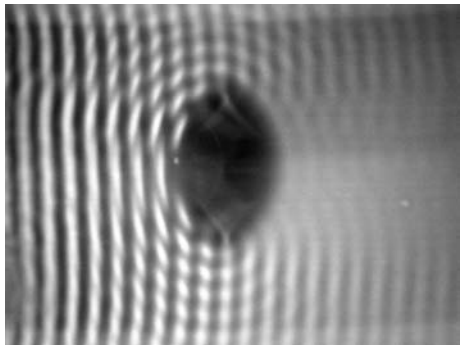
3.3 Réflexion d'une onde linéaire sur un miroir concave

- Procédez comme pour l'expérience 1.6.
- Placez un obstacle d'une fente de 5 à 10 cm devant l'excitateur parallèlement aux fronts d'ondes.
- Placez le corps biconcave dans la fente et refermez la fente en déplaçant les plaques de recouvrement (larges) (le corps de lentille doit dépasser de l'eau).
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que vous obteniez un effet de convergence bien visible.



3.4 Réflexion d'une onde linéaire sur un miroir convexe

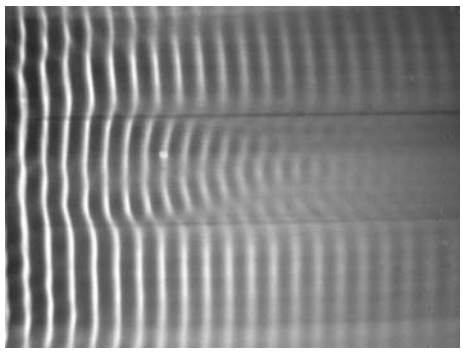
- Procédez comme pour l'expérience 3.3.
- Remplacez le corps biconcave par un corps biconvexe.
- Procédez à réglage fin, jusqu'à ce que l'effet de divergence soit bien visible.



4. Réfraction des ondes

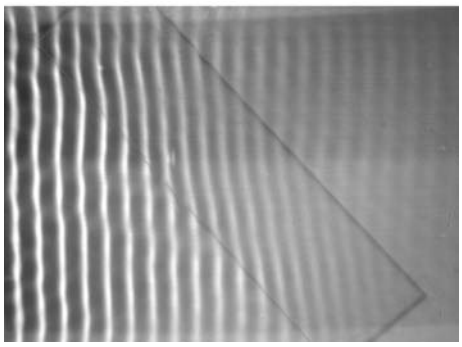
4.1 Démonstration de différentes vitesses de propagation dans de l'eau profonde et peu profonde

- Versez de l'eau, jusqu'à ce que le corps immergé soit entièrement recouvert (env. 5,5 à 6,0 mm d'eau).
- Modifiez la hauteur de l'excitateur (contact avec la surface de l'eau).
- Veillez à un bon mouillage (ajoutez au besoin du produit de rinçage).
- Plongez la plaque plane parallèle (écart env. 5 cm ; côté étroit parallèle aux fronts d'ondes).
- Procédez par la suite comme pour l'expérience 1.6.



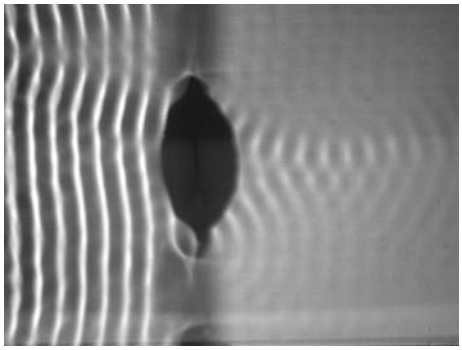
Résultat : eau peu profonde : vitesse de propagation peu élevée ;
eau peu profonde, fluide moins dense ;
indice de réfraction $n > 1$

4.2 Réfraction d'une onde linéaire sur une plaque plane parallèle



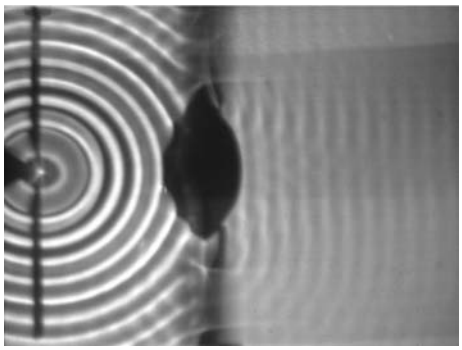
- Procédez comme pour l'expérience 4.1.
- Tournez la plaque plane parallèle d'env. 45°.
- Procédez à un ajustage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que
  la réfraction « vers la verticale » (passage du fluide moins dense au fluide plus dense) et la réfraction s'écartant de la verticale (passage de dense à moins dense) soient bien visibles.

4.3 Réfraction d'une onde linéaire sur une lentille convergente



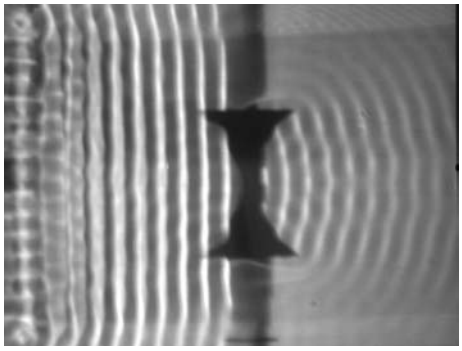
- Procédez comme pour l'expérience 4.2.
- Remplacez la plaque plane parallèle par une lentille biconvexe (limitation avec la fente).
- Effet de convergence, jusqu'à ce que le foyer soit visible.

4.4 Réfraction d'une onde circulaire sur une lentille convergente



- Fixez l'aube ; adaptez la hauteur de l'excitateur ; laissez agir le vibrateur à env. 5 cm du bord de la cuve.
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que vous observiez nettement que les ondes circulaires deviennent linéaires derrière la lentille.

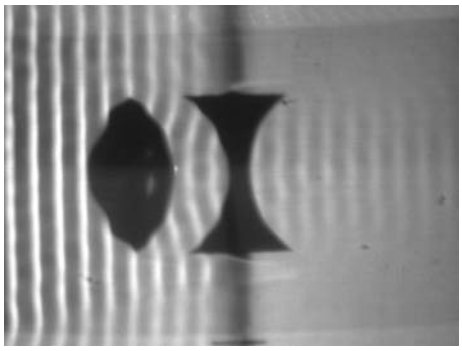
4.5 Réfraction d'une onde linéaire sur une lentille divergente



- Remplacez la lentille biconvexe par la lentille biconcave.
- Procédez comme pour l'expérience 4.3.
- Procédez à réglage fin, jusqu'à ce que la divergence soit bien visible.

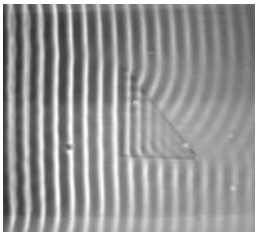
4.6 Réfraction d'une onde linéaire sur une combinaison de lentilles

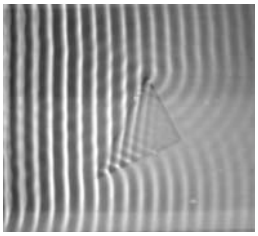
- Placez la lentille biconvexe devant la lentille biconcave.
- Procédez comme pour l'expérience 4.3.
- Procédez à un réglage, jusqu'à ce que vous observiez nettement que les fronts d'ondes linéaires sont à nouveau visibles derrière la combinaison de lentilles.



4.7 Réfraction d'une onde linéaire sur un prisme

- Remplacez les lentilles par un prisme (cf. photos).
- Procédez comme pour l'expérience précédente.
- La modification du sens de propagation des fronts d'ondes est bien visible.
- Lorsqu'on y regarde de plus près, on peut aussi observer certaines propriétés des ondes : réflexion, réfraction, principe d'Huygens.

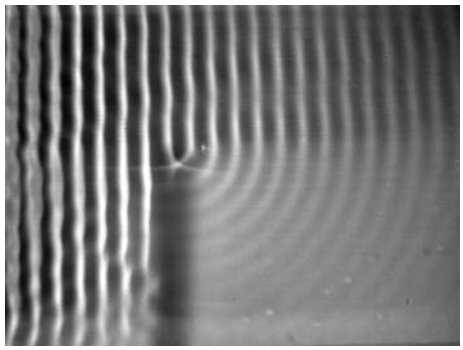




5. Diffraction des ondes linéaires

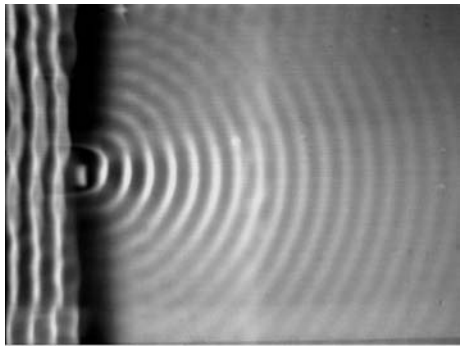
5.1 Diffraction sur une arête

- Placez la plaque plane parallèle tout près devant l'excitateur (cf. photo).
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que la propagation soit bien visible dans la zone protégée (réfraction : écart de la propagation rectiligne).



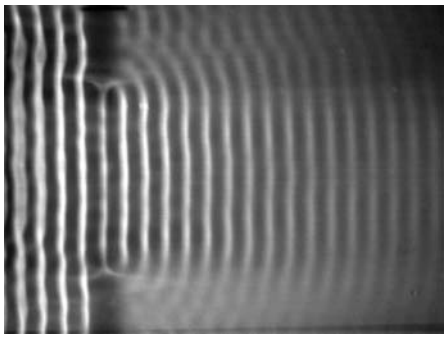
5.2 Diffraction sur une fente individuelle (longueur d'onde supérieure ou égale à largeur de fente)

- Placez un obstacle à grande fente parallèlement devant l'excitateur linéaire.
- Avec des coulisses de recouvrement larges, ajustez une largeur de fente de 1 à 2 cm.
- Procédez à réglage fin, jusqu'à ce que les ondes élémentaires soient bien visibles (propagation dans la zone protégée).



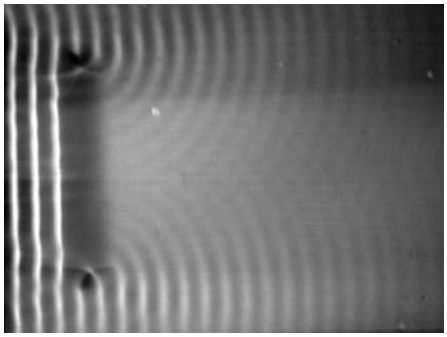
5.3 Diffraction sur une fente individuelle (largeur de fente env. 10 cm)

- Procédez comme pour l'expérience 5.2.
- Ajustez une largeur de fente d'environ 10 cm.
- Procédez à réglage fin, jusqu'à ce que l'effet de réfraction soit bien visible sur les deux arêtes.



5.4 Diffraction sur un obstacle (largeur env. 10 cm)

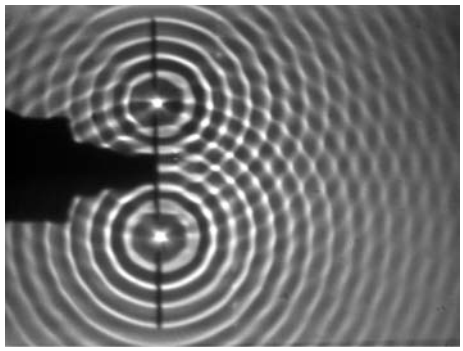
- Placez la plaque plane parallèle parallèlement à l'excitateur linéaire.
- Procédez à un réglage fin, jusqu'à ce que vous puissiez observer la réfraction (et les superpositions).



6. Superposition d'ondes cohérentes

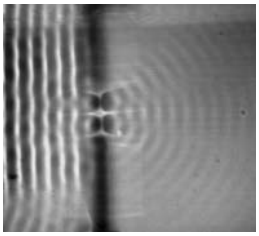
6.1 Superposition de plusieurs ondes circulaires

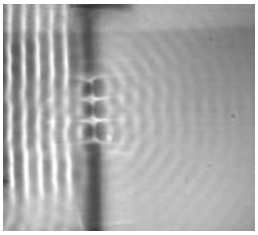
- Enfichez deux aubes sur l'excitateur linéaire.
- Déplacez le vibrateur de manière à ce que les aubes se trouvent au milieu de la cuve.
- Observez les superpositions avec différents écarts d'aubes.
- L'utilisation d'une troisième aube permet d'observer une nouvelle image de superposition.



6.2 Interférence sur une fente double et triple

- L'excitateur linéaire doit agir au bord de la cuve à ondes.
- Placez un obstacle avec quatre fentes individuelles parallèlement à l'excitateur linéaire.
- Recouvrir les fentes extérieures avec les coulisses de recouvrement.
- Réglez la fréquence de manière à ce que la longueur d'onde soit supérieure à la largeur de fente.
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que vous obteniez une superposition bien visible.





7. Effet Doppler

7.1 Vitesse d'excitateur supérieure à vitesse d'onde (u < v)

- Enfichez une aube au centre de l'excitateur linéaire.
- Procédez à un réglage fin de la fréquence et de l'amplitude, jusqu'à ce que vous obteniez une onde circulaire bien visible.
- Faites agir lentement le vibrateur à droite et à gauche au-dessus de la cuve.